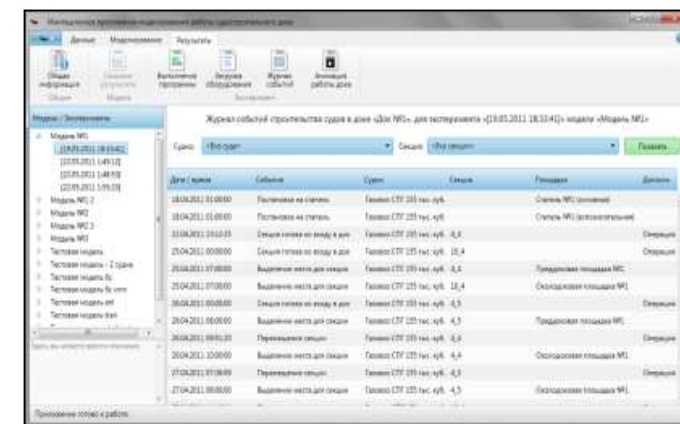
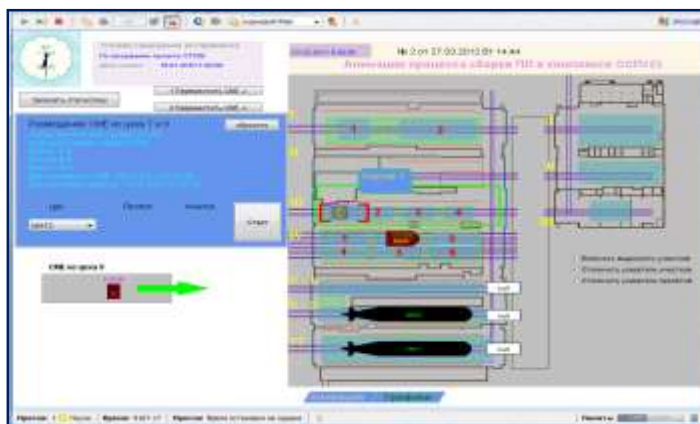


# Вопросы имитационного (комплексного) моделирования судостроительных производств

А.М. Плотников, М.А. Долматов (Санкт-Петербург), В.В. Девятков (Казань)

Докладчик: Плотников Александр Михайлович,  
начальник отдела ИТ АО «ЦТСС»

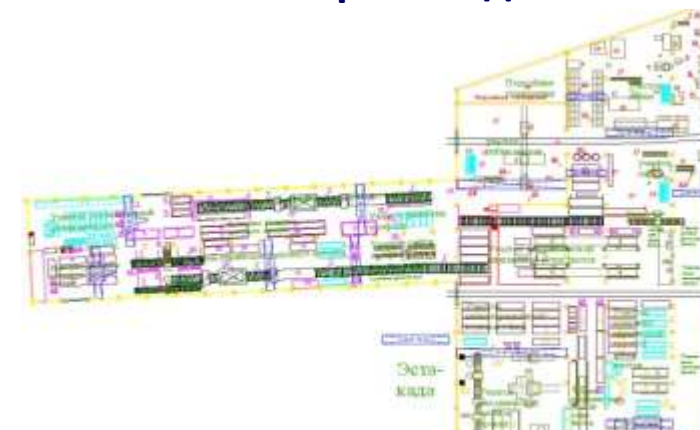
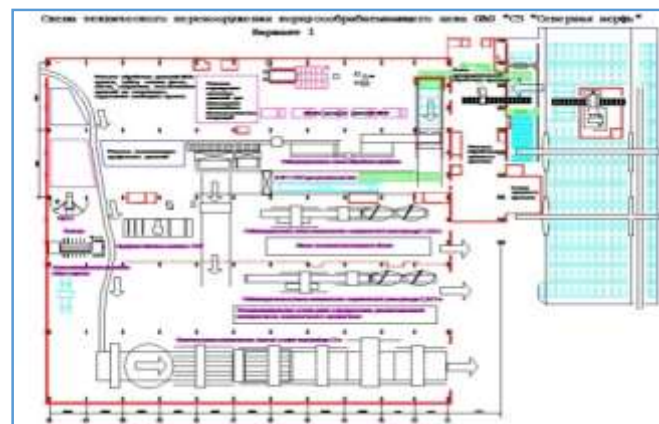
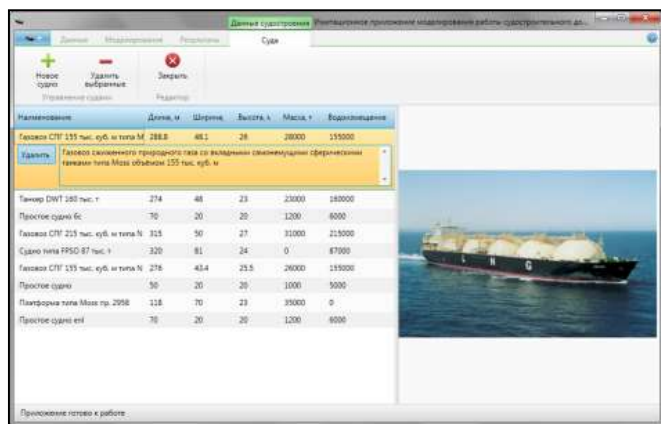
# Имитационное моделирование производственных цехов



АО «ОКБМ им. Африкантова»,  
цех прямотрубных парогенераторов

АО «Адмиралтейские верфи»,  
Корпусостроительный цех № 125

Комплекс цехов укрупнения и  
насыщения блоков и стальной  
производства



Типовой построечно-спусковой  
комплекс с сухим доком и объектами  
инфраструктуры

АО «СЗ «Северная верфь»,  
цеха № 4 КОП и № 7 ССП

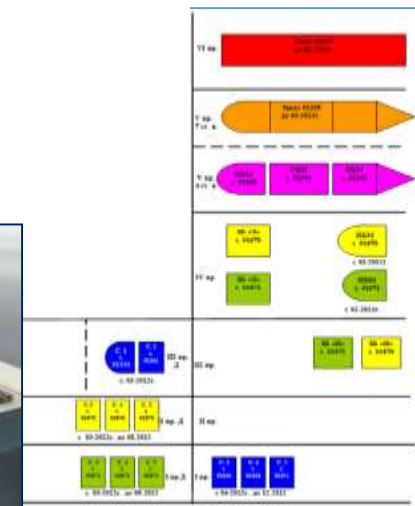
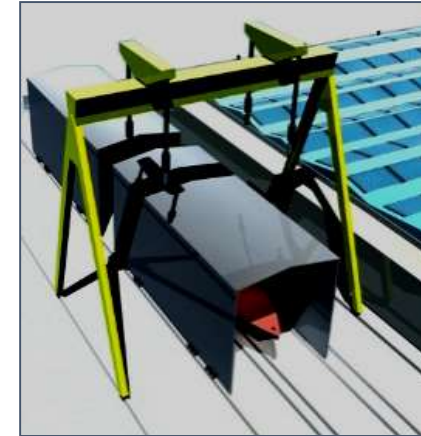
АО «Адмиралтейские верфи»,  
цех № 6 Ю КОП

# Целевая направленность моделирования

## Основные запросы предприятий к имитационным исследованиям

- Оценка эффективности функционирования верфи (группы цехов)\*
- Оценка выполнимости перспективной производственной программы
- Поиск «узких мест» производственной системы
- Возможные пути сокращения сроков строительства судовых заказов
- Оптимизация загрузки производственных мощностей
- Оценка влияния на выполнение программы возмущающих факторов
- Оценка влияния срывов поставок комплектующих
- Оценка влияния изменений в технологиях на сроки работ
- Проверка принимаемых решений по модернизации производства

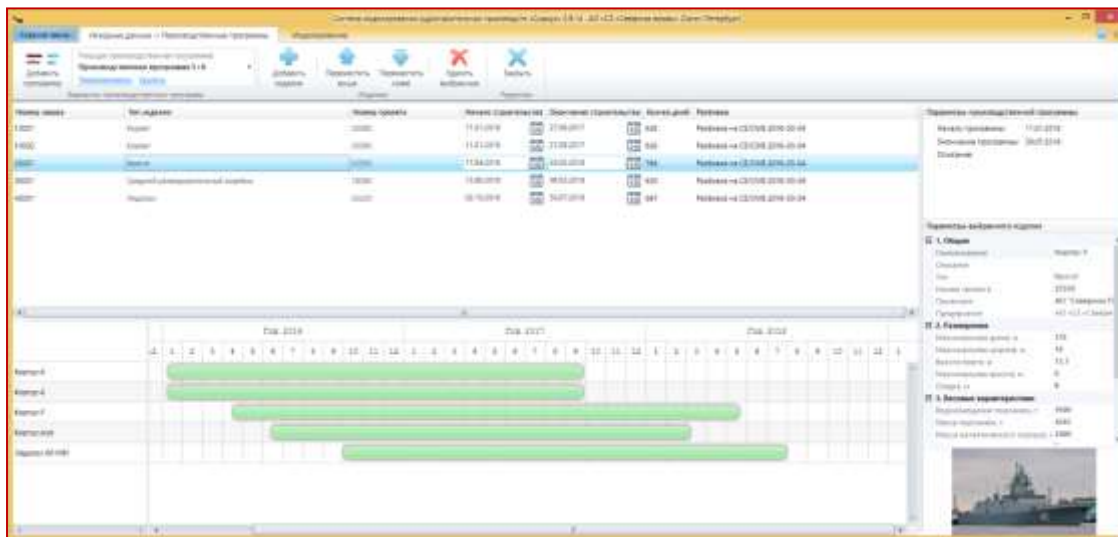
\* решение задачи требует согласования показателей эффективности



# Автоматизированная система «Сириус»

## Система имитационного моделирования функционирования производственных комплексов и оценки выполнимости производственных программ

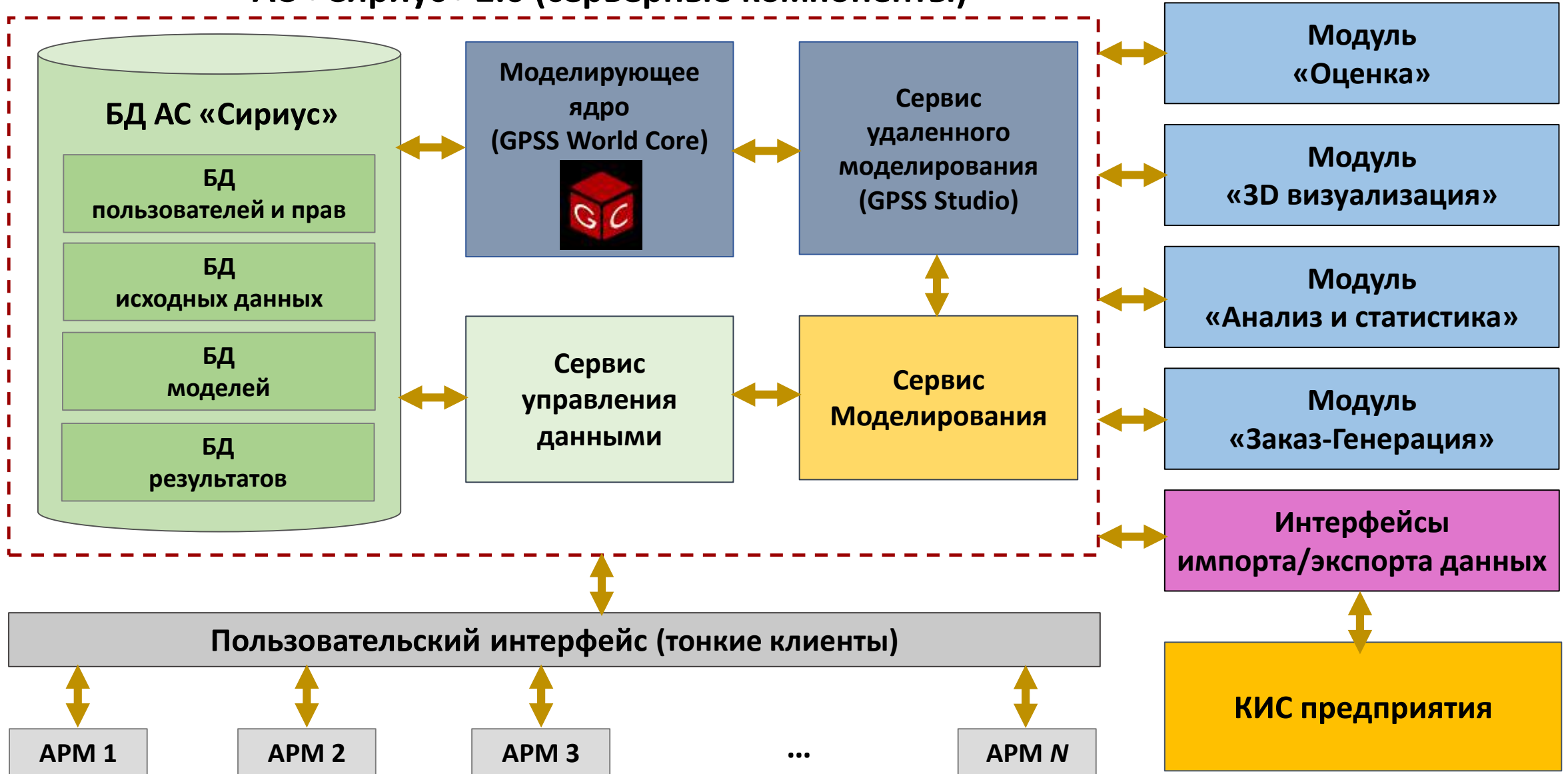
- Ввод и обработка исходных данных о предприятии, технологиях, оборудовании, производственной программе и изделиях
- Автоматическая генерация имитационной модели на основе выбранных для эксперимента данных
- Проведение экспериментов (серии экспериментов)
- Анализ и интерпретация результатов экспериментов
- Визуализация результатов моделирования
- Импорт/экспорт данных и моделей



Разработка:  
АО «ЦТСС» и ООО «Элина-Компьютер», Казань

# АС «Сириус». Архитектура программного решения

## АС «Сириус» 2.0 (серверные компоненты)



# АС «Сириус». Особенности системы

---

- Моделируемые виды судостроительного производства:
  - корпусообработывающее (со складом металлопроката)
  - сборочно-сварочное
  - окрасочное
  - корпусостроительное
  - механомонтажное
  - трубозаготовительное
  - достроечное
- Библиотеки оборудования (технологическое, крановое и транспортное)
- Расписания работы участков и обслуживания оборудования
- Автоматическая генерация имитационной модели. Проведение экспериментов
- Моделирование как металлического, так и композитного судостроения
- Возможности синхронной работы транспортного и кранового оборудования
- Гибкая работа с разбивками изделий на СЕ/СМЕ\* и технологиями их строительства
- Генерация стапельных расписаний (в разной форме)
- Импорт/экспорт данных и моделей

\* Сборочные Единицы / Сборочно-Монтажные Единицы

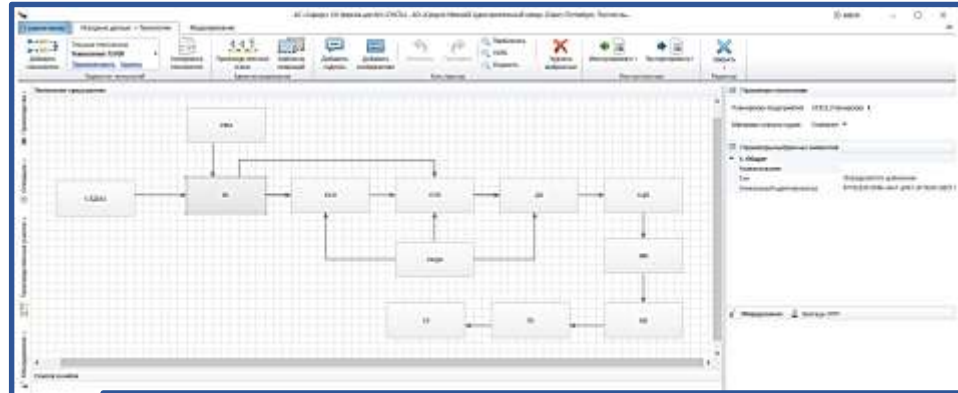
# АС «Сириус». Исходная информация для моделирования

---

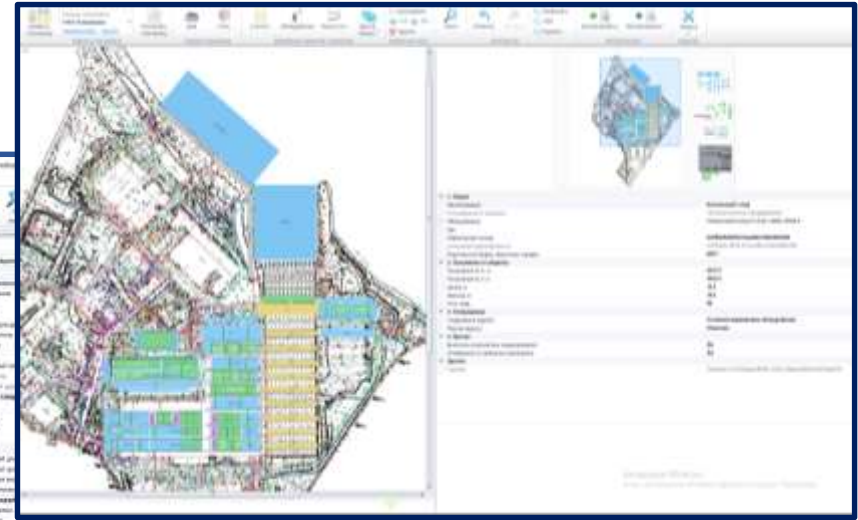
## *Производство — Технологии — Программа*

- Планировка предприятия
- Описание кранового, транспортного и технологического оборудования
- Технология строительства изделий (по видам производства верфи)
- Статистика по технологическим и транспортным операциям
- Производственные бригады
- Производственная программа верфи
- Общие данные по судовым изделиям
- Последовательность формирования изделий на стапеле
- Разбивка изделий на сборочные единицы (блоки, секции, узлы)
- Сборочно-монтажные единицы изделий
- Данные по судовым помещениям, строительным районам
- Данные по трудоемкостям (в т.ч. с разделением по цехам и заказам)
- Графики поставки комплектующих на заказы

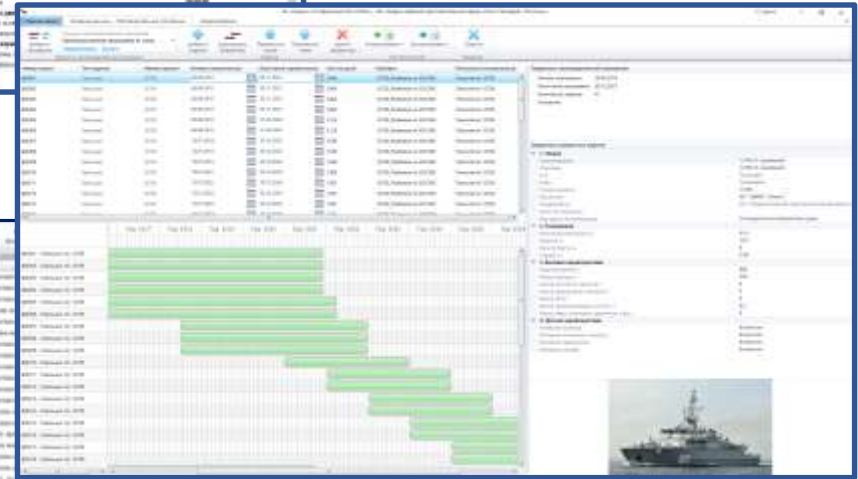
# АС «Сириус». Пользовательский интерфейс системы



This screenshot shows a data table from the AS 'Sirius' interface. The table has multiple columns, including what appears to be an ID or index, a name or description, and a numerical value. The table is currently empty or the data is not visible. The interface includes a menu bar and a toolbar.



This screenshot shows a data table from the AS 'Sirius' interface. The table has several columns, including 'Наименование объекта', 'Величина ОРР в кубометрах', and 'Единица измерения'. The table contains multiple rows of data, representing different objects and their corresponding values and units. The interface includes a menu bar and a toolbar.



This screenshot shows a data table from the AS 'Sirius' interface. The table has multiple columns, including what appears to be an ID or index, a name or description, and a numerical value. The table contains many rows of data. The interface includes a menu bar and a toolbar.

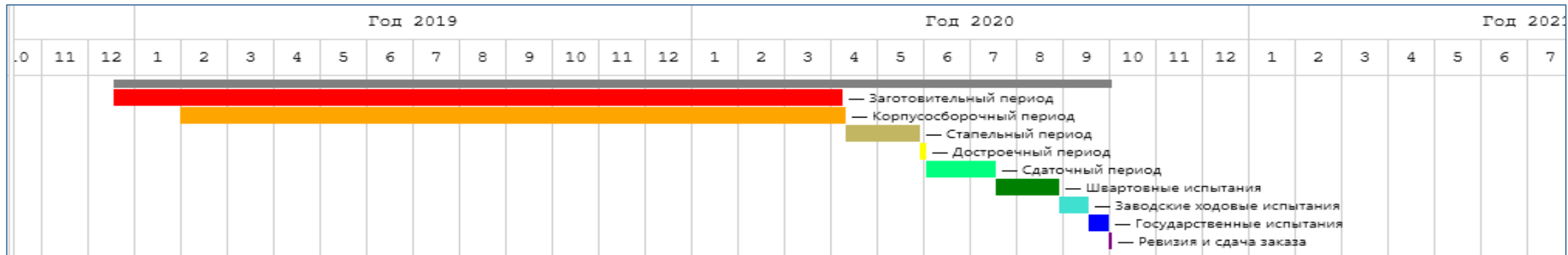
This screenshot shows a data table from the AS 'Sirius' interface. The table has multiple columns, including what appears to be an ID or index, a name or description, and a numerical value. The table contains many rows of data. The interface includes a menu bar and a toolbar.



# Представление результатов моделирования

## Данные по выполнению производственной программы

Показатели выполнимости производственной программы					
Начало по результатам моделирования	Окончание по результатам моделирования	Длительность моделирования	Длительность производственной программы по результатам моделирования	Количество заказов построенных за время моделирования	Коэффициент завершенности производственной программы
24.04.2014	08.11.2029	5677 дн.	5677 дн.	41 из 41	1.00



Показатели строительства заказов						
<input checked="" type="radio"/> Таблица <input type="radio"/> График						
Заказ	Начало строительства по результатам моделирования	Окончание строительства по результатам моделирования	Длительность по результатам моделирования	Построен полностью	Заготовительный период	Корпусосборочный период
@0003	19.12.2018 11:28	03.10.2020 07:50	653.20:22:17	<input checked="" type="checkbox"/>	19.12.2018 11:28 - 10.04.2020 12:05 (478.00:37:17)	03.02.2019 13:10 - 12.04.2020 17:00

# Представление результатов моделирования

- Использование производственного оборудования
- Расписание поставок комплектующих на заказы
- Данные по производственным бригадам
- Загрузка производственных участков цехов
- Поставки металлопроката со склада
- Загрузка достроечных набережных
- Загрузка стпельных мест

Итоговые показатели	Ежемесячная загрузка в часах	Пользовательская сортировка			
Номер бригады	Наименование бригады	Кол-во ОПР в бригаде, чел	Общее кол-во СЕ/СМЕ	Среднее время работы с СЕ/СМЕ	Общее время работы
2031.1	Бригада уч-ка 2031 Муравьева Дмитрия Алексеевича	7	0	00:00:00	00:00:00
2031.1-1	Бригада уч-ка 2031 Муравьева Дмитрия Алексеевича	2	30	00:56:39	1.04:19:59
2031.1-2	Бригада уч-ка 2031 Муравьева Дмитрия Алексеевича	2	0	00:00:00	00:00:00
2031.1-3	Бригада уч-ка 2031 Муравьева Дмитрия Алексеевича	3	10	00:30:00	05:00:00
2032.1	Бригада уч-ка 2032 Тимофеева Геннадия Николаевича	13	69	5.06:42:27	364.06:49:59
2032.1-1	Бригада уч-ка 2032 Тимофеева Геннадия Николаевича	2	11	47.09:54:49	521.13:03:08
2032.1-2	Бригада уч-ка 2032 Тимофеева Геннадия Николаевича	2	10	53.05:35:01	532.07:50:16

Возможно представление в разрезах проектов, заказов, цехов, по месяцам...

СМЕ	Системы	КДН	Фундаменты		
Номер заказа	Изделие	Маркировка СМЕ	Наименование СМЕ	Требуемая дата поставки	Участок
@0030	Катер	ГД1	Главный двигатель FPT (IVECO), 191 кВт N67 MNT M28	01.06.2024 12:22	3СБ3
@0030	Катер	ДГ1	Дизель-генератор Whisper Power, M-SQ10, 9.4 кВт, 230V, 1500rpm (арт. 51109005) Каталог Whisper Power	01.06.2024 14:22	3СБ3
@0030	Катер	ДГ2	Дизель-генератор Whisper 10кВт, Whisper Power M-GV 12,230V (41006005) Каталог Whisper Power	01.06.2024 22:22	3СБ3
@0038	Круизные пассажирские	ДГ1	Дизель-генератор LSAM 47.2 S5, Leroy Somer	30.06.2024 18:47	ОС-0
@0038	Круизные пассажирские	НПУ	Носовое подруливающее устройство	01.07.2024 02:47	ОС-0
@0038	Круизные пассажирские	ДРА1	Дизель-редукторный агрегат S6R2-T2MPTK (Mitsubishi, Япония)	01.07.2024 02:47	ОС-0
@0038	Круизные пассажирские	ПРЖКТР	Прожектор	01.07.2024 02:47	ОС-0

Итоговые показатели	Ежемесячная загрузка в часах	Показать диаграмму активности	Подсвечивать значения	Показать ген. план	Экспорт в Excel					
Крановое	Транспортное	Технологическое	Сборочные стелды	Матрицы						
Условная маркировка	Обозначение на ген. плане	Максимальное кол-во одновременно обрабатываемых элементов	Общее кол-во обработанных элементов	Среднее время обработки элемента	Общее время работы	Макс. длина элемента, м	Макс. ширина элемента, м	Макс. высота элемента, м	Максимальная грузоподъемность, т	Макс. м. элемент
МК-001	Мостовой кран 5 т	1	205	00:30:00	4.06:30:00	16.50	14.60	4.20	5	3
МК-01	Мостовой кран 16/3,2 т	1	417	00:32:18	9.08:30:00	21.60	15.50	4.00	16	
МК-02	Мостовой кран 50/12.5 т	1	436	01:55:52	35.02:00:00	18.90	10.20	3.00	50	

# Представление результатов моделирования

## 2D визуализация результатов (стапельные расписания)

**Дата генерации**

**Стапельное расписание**

**Заказы**

**Сборочные единицы**

**Перечень сборочных единиц судна с указанием номера сборочной единицы и ее наименования, номера заказа, номера проекта и его названия**

АС «Сириус» 2.0

Главное меню | Исходные данные | Моделирование

Создать модель | Обновить список | Удалить выбранные | Экспорт/импорт | Провести эксперимент | Прогноз серийного производства | Исходные данные | Выполнение программы | Статистика оборудования | Статистика ОПР | Стапельное расписание | Расписание поставок | Журнал

Все изменения | Экспорт | Начать задание | Остановить | 1 сек.

Даты

- 24.04.2014 00:30:05
- 24.04.2014 00:30:15
- 24.04.2014 00:30:25
- 19.05.2014 11:02:54
- 19.05.2014 11:32:54
- 19.05.2014 11:33:04
- 19.05.2014 11:33:14
- 19.05.2014 12:02:54
- 19.05.2014 12:03:04
- 19.05.2014 12:03:14
- 20.05.2014 01:58:10
- 20.05.2014 02:58:10
- 20.05.2014 03:18:53
- 20.05.2014 04:18:53
- 20.05.2014 10:49:57
- 20.05.2014 12:38:25
- 20.05.2014 13:50:18
- 20.05.2014 14:50:18
- 20.05.2014 21:53:49
- 20.05.2014 22:23:29
- 20.05.2014 22:49:16
- 20.05.2014 22:53:49
- 20.05.2014 23:23:49
- 20.05.2014 23:49:16

Размещенные заказы и СЕ

- Заказы
- СЕ на сборочных стендах
- УРМ1
  - @0011 - Тральщик пр. 12700
- УРМ2
  - @0010 - Тральщик пр. 12700
- Цех 9 (2 пролет)
  - @0009 - Тральщик пр. 12700

@0009 – Наливное судно пр. 321

105 (@0011)

Цех 9 (3 пролет)

338 (@0011)

333 (@0011)

9-02-1450

359 (@0011)

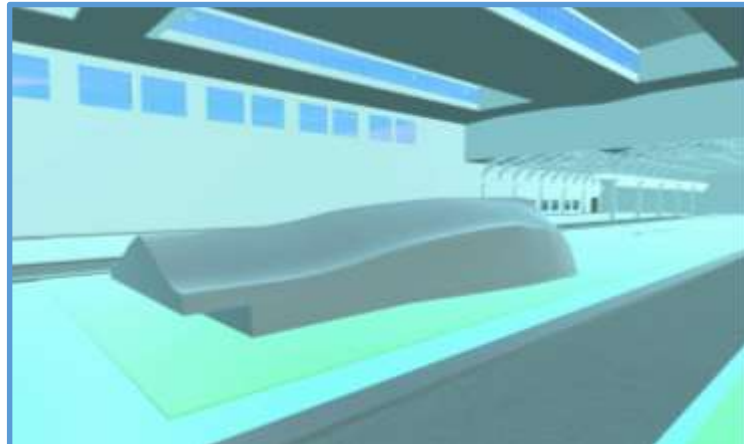
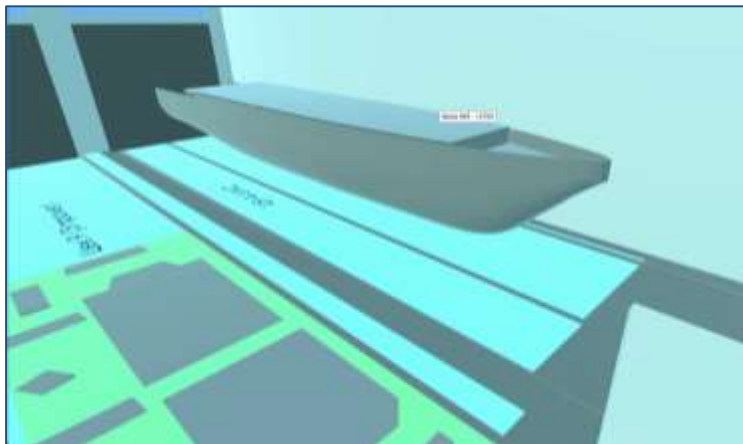
328 (@0011)

н-19500-K

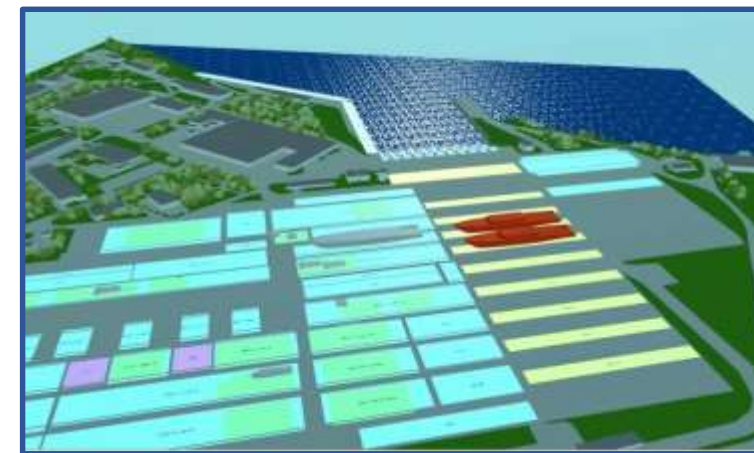
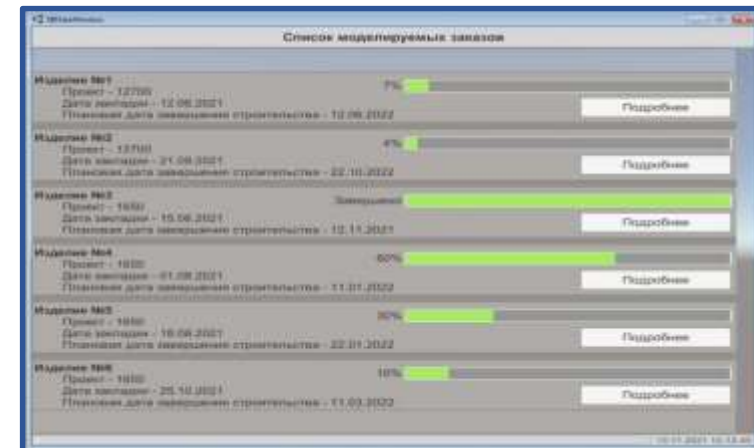
# Представление результатов моделирования

## 3D визуализация результатов

### Визуализация процесса строительства заказов



### Статистика



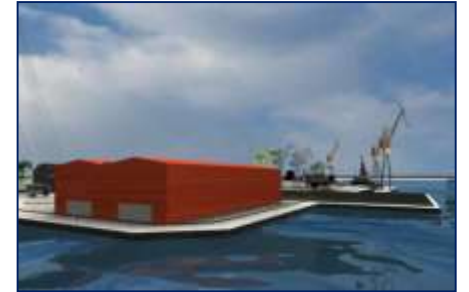
# Моделирование судостроительных производств и судоходства

## Применяемые в мировой практике инструменты имитационного моделирования

<b>Временной диапазон</b>	2000 – 2022 г.г.
<b>География авторов</b>	США, Турция, Южная Корея, Россия, Германия, Бразилия, Хорватия, Испания, Австрия, Великобритания, Япония, Китай, Бельгия, Канада, Бразилия, Норвегия, ЮАР, Вьетнам, Аргентина, Австралия, Сингапур
<b>Универсальные промышленные симуляторы (из числа наиболее распространенных и известных)</b>	Plant Simulation, AnyLogic, ProModel, Arena, Quest, SIMIO, GPSS Word, ExtendSim
<b>Прочие промышленные симуляторы</b>	AweSim, Taylor ED, SimSea, Petri-net, MANA, VSLAM, ModelCenter, BestFit, YardPlan
<b>Зарубежные судостроительные системы на базе промышленных симуляторов</b>	Plant Simulation + Simulation Toolkit Shipbuilding (Германия , предприятия Flensburger shipyard)
<b>Отечественные судостроительные системы на базе промышленных симуляторов</b>	АС «Сириус» 2.0 (на базе симулятора GPSS World Core) (Россия, Санкт-Петербург – Казань)
<b>Основные источники</b>	WSC, IMECS, ISOPE, TESConf, ИММОД, ИКМ МТМТС, журналы ...

# Приоритетные направления разработок

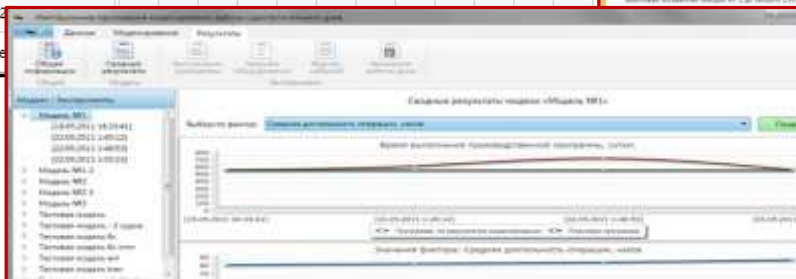
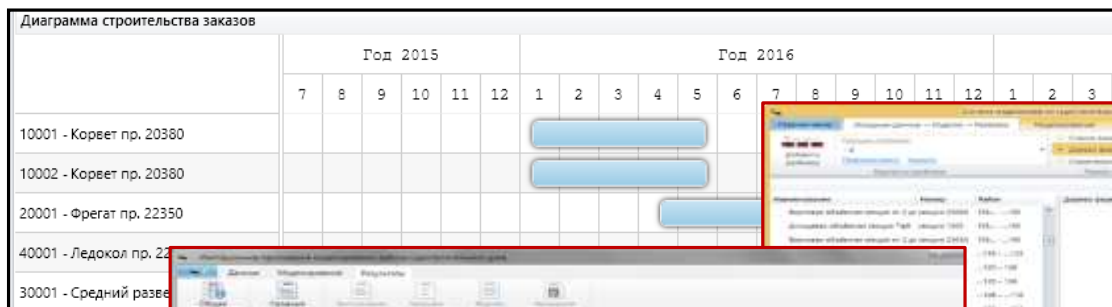
- Создание имитационной модели судостроительной отрасли
- Генерация исходных данных в условиях их неполноты
- Включение в систему средств оптимизации
- Интеграция с КИС судостроительных предприятий
- 3D визуализация результатов моделирования
- Оценка рисков и прямых затрат на дооснащение верфей
- Развитие системы на судоремонтные производства



# Приоритетные направления разработок

## Создание имитационной модели судостроительной отрасли

- Проверка выполнимости перспективных отраслевых и федеральных судостроительных программ
- Планирование производственной программы группы предприятий с учётом производственных структур, оборудования, технологий и ресурсов
- Анализ влияния различных факторов на выполнимость перспективной судостроительной программы
- Оценка производственного потенциала группы предприятий в части возможности реализации ими перспективной программы
- Оценка и обоснование перспектив развития научно-производственного потенциала отрасли



# Приоритетные направления разработок

## Некоторые статистические данные по судостроению\*

Всего судостроительных и судоремонтных заводов – **71**.  
Объем гражданской продукции на 2022–2031 гг. – **317** судов основных проектов, находящихся в постройке или планируемых в постройке по действующим контрактам (данные по **46** предприятиям)

Сводный перспективный план потребности в гражданских судах и МТ на период до 2035 года, Минпромторг, 08.2022.

Из **363** позиций перспективных к постройке судов в **109** позициях (это 30 %) не указан проект!

То есть нет источника данных для моделирования!

При этом выборочно указаны в разных комбинациях:

- тип судна;
- заказчик, завод-строитель, стоимость;
- основные размерения судна (длина, ширина, осадка);
- дедвейт / водоизмещение / грузоподъемность;
- скорость;
- объем трюмов / объем танков;
- численность экипажа / количество пассажиров;
- район эксплуатации и нек.др.

Распределение трудоемкости по группам судов гражданского флота (программа 2022-2031).  
Суммарная расчетная трудоемкость программы ~ 240 млн. чел.ч



\* По данным ФГУП «Крыловский ГНЦ»



# Спасибо за внимание

